81.

Die Stokes'sche Linse mit constanter Axe,

von

Dr. H. Snellen.

Stokes combinirte eine negative und eine positive Cylinderlinse zu einem Glase mit veränderlicher Stärke. Behält nämlich das eine Cylinderglas eine bestimmte Stellung, so wird durch Drehung des andern der Astigmatismus von 0 bis $\frac{2}{F}$ verändert, je nachdem die Axen der beiden Cylinder die gleiche oder eine senkrechte Richtung zu einander einnehmen.

Die Stärke der resultirenden Linse verändert sich dabei proportional dem Sinus des von beiden Cylinderaxen gebildeten Winkels.

Eine Stokes'sche Linse zusammengesetzt aus C $+\frac{1}{12}$ und C $-\frac{1}{12}$ ergiebt jede astigmatische Brechung von $\frac{1}{6}$ bis 0. Es lässt sich mit ihr also die ganze Reihe der dazwischen liegenden Cylindergläser darstellen.

Eine solche Linse müsste, bei der Bestimmung des Astigmatismus, von sehr grossem Vortheil sein, und doch ist ihre Anwendung nur sehr wenig verbreitet.

Der Grund davon liegt auf der Hand: Bei Drehung des einen Glases und unverändertem Stande des andern, muss die resultirende Axe jedes Mal erst wieder aufgesucht werden: die Stokes'sche Linse ist also für practische Zwecke unbrauchbar, so lange nicht ihre Axe constant bleibt.

Javal war der Erste, der dies Problem zu lösen versuchte. In der Sitzung des ophth. Congresses vom 4. September 1868 zeigte er ein Instrument vor, gebildet aus einem feststehenden positiven Cylinder, auf welchem sich 2 negative Gläser von der halben Stärke des positiven gleichmässig in entgegengesetzter Richtung drehten. Javal stellte aber dieses Instrument der Combination verschiedener Cylindergläser, wie er sie in seinem binocularen Optometer angebracht hat, nach. Wahrscheinlich stiess er auf technische Schwierigkeiten. Bei der Auseinandersetzung des Instrumentes bemerkt er nämlich *): „dass dasselbe noch sehr unvollkommen sei, „und dass er es eigentlich nur deswegen habe construiren „lassen, um zu zeigen, dass die Sache ausführbar sei."

Also blieb eine Stokes'sche Linse mit constanter Axe für den practischen Gebrauch immer noch ein Desiderat.

Im Juli 1872 zeigte mir der Optiker Crétès in Paris seinen ebenso ingeniösen als einfachen Mechanismus, nach welchem er de Weckers Doppelprisma arrangirt hatte; sofort ward mir klar, dass sich nach demselben Principe auch die Stokes'sche Linse mit constanter Axe ausführen liesse.

Der Mechanismus dieses Doppelprismas besteht nämlich darin, dass in einem Ringe die Drehung des Prismas hervorgebracht wird durch eine stählerne Uhrfeder, welche um die Fassung des Prismas herum-

*) Zehenders klin. Monatsblätter, VI. Jahrg. 1868. S. 372.

läuft, und durch Ab- oder Aufwärtsschieben eines Knopfes am Griff des Instrumentes, sich ab- oder aufrollt, während ganz auf dieselbe Weise, nur in umgekehrtem Sinne, das zweite Prisma in Bewegung gesetzt wird. Ich bat Herrn Crétès mir ein derartiges Instrument als Stokes'sche Linse einzurichten, zusammengesetzt aus einem negativen und einem positiven Cylinder von $\frac{1}{12}$, deren Axen gleichmässig in entgegengesetztem Sinne bewegt werden könnten. Die Enden der stählernen Federn werden an einem Knopf, der auf dem Stiele des Instrumentes läuft, leicht mit dem Daumen auf- und abgeschoben. Hier kann also auch die Scala zur Bezeichnung der jeweilen resultirenden Brechkraft der Gläser angebracht werden. *)

So erhielt ich denn das längst gewünschte veränderliche Cylinderglas mit constanter Axe, das sich, Dank der ausgezeichneten Ausführung des Herrn Crétès, für die practische Anwendung auf's Beste verwerthen lässt, und bald in keinem ophthalmologischen Armamentarium mehr entbehrt werden sollte. **)

Nach einiger Erfahrung scheint es mir wünschenswerth, die Scale auf folgende Weise einzurichten: Für die

---

*) Man kann denselben Mechanismus auch erhalten durch ein Zahnrad, das auf die beiden Ringe, worin die Cylinder gefasst sind, in entgegengesetzter Weise einwirkt. Ich habe Herrn Crétès empfohlen, in Zukunft Scale und Index auf den beiden sich in entgegengesetzter Richtung drehenden Gläsern anzubringen, damit man Ungenauigkeiten des Schiebapparates nicht mit abliest. Man hat dann ausserdem den doppelten Raum zur Verfügung, wodurch die Scale deutlicher wird, was um so wichtiger ist, als man während der Untersuchung ablesen muss.

**) Die modificirte Stokes'sche Linse, sowie das oben erwähnte Doppelprisma von Dr. L. v. Wecker kann man bekommen bei Herrn A. Crétès, Opticien, 66 Rue de Rennes, Paris. —

Combination von C. $+\frac{1}{F}$ mit C. $-\frac{1}{F}$ wird dieselbe in 10 Theile getheilt, welche die Brechnung in den beiden Hauptmeridianen angeben:

10	:	10 F	∟ —	10	: 10 F
9	:	„	∟ —	9	: „
8	:	„	∟ —	8	: „
7	:	„	∟ —	7	: „
6	:	„	∟ —	6	: „
5	:	„	∟ —	5	: „
4	:	„	∟ —	4	: „
3	:	„	∟ —	3	: „
2	:	„	∟ —	2	: „
1	:	„	∟ —	1	: „
0	:	„	∟ —	0	: „

Wählt man $\frac{1}{F} = \frac{1}{12}$, d. h. combinirt man ein Cylinderglas von C $+\frac{1}{12}$ mit C $-\frac{1}{12}$, dann bekommt man 10 Nummern von Burows Brillenreihe von $\frac{1}{120}$ Differenz, im einen Meridian mit positiver, im andern mit negativer Brennweite.

Fügt man dieser Stokes'schen Linse noch ein sphärisches Glas $\frac{1}{F}$ zu, was eine an dem Instrumente angebrachte Fassung ermöglicht, dann erhält man dasselbe Resultat, als hätte man statt eines positiven und eines negativen Cylinders zwei positive Cylinder combinirt. Die Scale wird dann:

20	:	10 F	∟	0	:	10 F	oder	C	2 : F	⌓	0
19	:	„	∟	1	:	„	„	C	18 : 10 F	⌓	s 1 : 10 F
18	:	„	∟	2	:	„	„	C	16 : „	⌓	s 2 : „
17	:	„	∟	3	:	„	„	C	14 : „	⌓	s 3 : „
16	:	„	∟	4	:	„	„	C	12 : „	⌓	s 4 : „

15 : 10 F ⌞ 5 : 10 F oder C 10 : 10 F ⌒ s 5 : 10 F
14 : „ ⌞ 6 : „ „ C 8 : „ ⌒ s 6 : „
13 : „ ⌞ 7 : „ „ C 6 : „ ⌒ s 7 : „
12 : „ ⌞ 8 : „ „ C 4 : „ ⌒ s 8 : „
11 : „ ⌞ 9 : „ „ C 2 : „ ⌒ s 9 : „
10 : „ ⌞ 10 : „ „ 0 : „ ⌒ s 10 : „

Den Winkel (x), welchen die Axen bilden sollen, findet man dadurch, dass man seinen Sinus, von 0 bis 1 jeweilen um $\frac{1}{10}$ R zunehmen lässt, wobei R = Radius des Glases:

Sin. x. $^1/_{10}$ R = 5° 44′ 21″
„ $^2/_{10}$ R = 11° 32′ 13″
„ $^3/_{10}$ R = 17° 27′ 27″
„ $^4/_{10}$ R = 23° 34′ 42″
„ $^5/_{10}$ R = 30°
„ $^6/_{10}$ R = 36° 52′ 11″
„ $^7/_{10}$ R = 44° 25′ 36″
„ $^8/_{10}$ R = 53° 7′ 47″
„ $^9/_{10}$ R = 64° 9′ 30″
„ $^{10}/_{10}$ R = 90°

Bei Anwendung dieser Stokes'schen Linse benutzte ich, als Prüfungsobject für die Ferne, die parallelen Linien, die in No. XX meiner Test-Types, für 20′ Abstand, enthalten sind. Um auch bei herabgesetzter Sehschärfe auf denselben Abstand untersuchen zu können, habe ich dasselbe Object von 3 parallelen Linien von der Grösse der Buchstaben C C bis XX ausführen lassen. Man wird sie finden in der neuen Ausgabe der Deutschen Probebuchstaben, die nächster Tage beim Herausgeber dieses Archivs erscheinen soll.

Stellt man diese Linien einem der Hauptmeridiane *) des Auges parallel, so kann man mit Hilfe der angege-

*) Die horizontalen Linien bringt man dadurch am besten in die verschiedenen Richtungen, dass man, statt sie aufzuhängen,

benen Linse die Refraction dieses Meridians und bei Drehung des Objectes und der Linse die Refraction des Auges successive in allen Meridianen bestimmen. Man hat nur darauf zu achten, dass die Axe des resultirenden Cylinders immer parallel sei mit der Richtung der Linien. Der Unterschied der Refraction in dem Meridian der stärksten, und dem der schwächsten Brechung, stellt den Grad des Astigmatismus dar.

Es lässt sich allerdings gegen diese Art der Astigmatismusbestimmung, nach welcher man die Refraction der beiden Hauptmeridiane getrennt misst, und davon die Differenz aufsucht, ein Einwand erheben. Ist nämlich die Accommodation dabei nicht vollkommen ausgeschlossen, so ist man nie sicher ob der Grad der Entspannung derselben für beide Hauptmeridiane derselbe sei, und es ist leicht möglich, dass eine Differenz in dem Verhältniss zwischen latenter und manifester Hypermetropie in den beiden Meridianen bestehe.

Darum ist es viel besser, bei der Astigmatismusbestimmung die Refraction in beiden Hauptmeridianen gleichzeitig zu corrigiren, wie man dies beim Sehen nach ganzen Figuren, als Buchstaben, durch gewöhnliche Cylinderlinsen erreicht.

Hierbei bietet die Stokes'sche Linse einen Nachtheil, indem man eine gleichzeitige Veränderung in der Brechung des gegenüberliegenden Meridians erhält, welche störend werden kann.

Für das Sehen in der Nähe lässt sich dieser Uebelstand durch die Combination von 2 positiven Cylindern heben. Nach der oben angegebenen Scale erhält man

---

mitten durch das Blatt einen runden Nagel in die Wand schlägt, um welchen man es dann drehen kann. Zur Bestimmung des Grades der Drehung ist in der Mitte des Blattes ein kleiner Gradbogen angebracht.

dadurch cylindrische Wirkung, verbunden mit sphärischer Wirkung, und zwar nimmt die sphärische Wirkung mit Abnahme der Cylinderwirkung zu. Bei der Prüfung auf ganz kurze Distanz schadet diese hinzutretende sphärische Wirkung nicht viel, indem sie, wenn nicht durch Entspannung der Accommodation, doch durch Heranrücken des Objectes corrigirt werden kann. Z. B. während bei Cylinderlinsen von $^1/_{12}$ die sphärische Wirkung von 0 bis $^1/_{12}$ steigt, braucht man beim Lesen einfach das Buch dem Auge von 12 auf 6 Zoll zu nähern.

Bei der Prüfung für die Ferne aber kann keine derartige Regulirung des Abstandes vorgenommen werden. Ist nun keine Accommodation vorhanden, durch deren Entspannung sich dieser Mangel heben liesse, dann wird der Gebrauch auch von der modificirten Stokes'schen Linse sehr beschränkt, und man ist genöthigt, bei der Untersuchung sich nur solcher Objecte zu bedienen, deren Ausdehnung nur in einem Meridian scharf unterschieden zu werden braucht, z. B. paralleler Linien.

Von ausserordentlichem Werthe müsste demnach ein Instrument für uns sein, das uns in den Stand setzte, die sphärische Wirkung vollständig zu eliminiren, so dass wir nur einen reinen Cylinder erhielten. Unmöglich ist dies nicht.

Wir müssen dazu ein anderes Mittel zur Veränderung der Stärke eines Glases in Anwendung bringen und mit unserer Stokes'schen Linse verbinden, nämlich die Veränderung der Distanz einer Linse. Bringen wir vor unser Instrument noch eine Combination von z. B. sphärisch $-\frac{1}{3}$ mit sphärisch $+\frac{1}{4}$ von dem Knotenpunktsabstande $= 0$, dann erhalten wir eine sphärische Wirkung von $-\frac{1}{12}$. Rückt die positve Linse einen Zoll nach vorn, dann ist die sphärische Wirkung $= 0$. Es ist

klar, dass eine derartige, von 0 bis $\frac{1}{12}$ zunehmende sphärische Wirkung im Stande ist die durch die Cylinder hervorgebrachte sphärische Wirkung, die von 0 bis + $\frac{1}{12}$ steigt, vollkommen aufzuheben. *)

Es würde sich hierbei nur noch darum handeln, die drehende Bewegung der Cylinder und das Ausschieben des sphärischen Glases mit demselben Mechanismus zu verbinden, der gleichwerthige Excursionen beider ermöglichte. Dies ist technisch durchaus nicht unausführbar, und ich habe Grund zu vermuthen, dass wir dies bald werden erreicht haben.

---

*) Zur Darstellung eines negativen Cylinders von C $-\frac{1}{6}$ bis 0 combinire man $\left[\text{C} - \frac{1}{12} \supset \text{S} - \frac{1}{4} \right]$ und C $-$ $\frac{1}{12}$. Man bekommt dann neben der Abnahme der Cylinderwirkung von C $-\frac{1}{6}$ bis 0 eine zunehmende sphärische Wirkung von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$. Diese kann man neutralisren durch Verschiebung einer positiven Linse von $\frac{1}{4}$ von 0 bis 1 Par. Zoll; so dass, wenn man ihren Weg in 10 Theile theilt und ihre Stärke also von einem zum andern um $\frac{1}{120}$ zunimmt, der Abstand der positiven Linse von der negativen betragen muss:

1	Par.	Zoll	oder	1	Par. Zoll.
$^{27}/_{31}$	„	„	„	0,87	„
$^{24}/_{32}$	„	„	„	0,70	„
$^{21}/_{33}$	„	„	„	0,63	„
$^{18}/_{34}$	„	„	„	0,52	„
$^{15}/_{35}$	„	„	„	0,42	„
$^{12}/_{36}$	„	„	„	0,33	„
$^{9}/_{37}$	„	„	„	0,24	„
$^{6}/_{38}$	„	„		5	„
$^{3}/_{39}$	„	„	„	0,07	„
0	„	„	„	0	„

Durch Combination von zwei Stokes'schen Linsen würde man umsonst versuchen, eine veränderliche sphärische Linse zu erreichen, obschon man glauben möchte, dass die zwei resultirenden Cylinderlinsen, senkrecht zu einander gestellt, einer sphärischen gleichkämen. Die Stokes'sche Linse liefert jedoch, wie wir gesehen haben, nicht einen einfachen Cylinder, sondern auch in dem darauf senkrechten Meridian entsteht eine gleichwerthige Veränderung in der Brechung. Bei Combination von zwei Stokes'schen Linsen erreicht man zwei sphärische Gläser, aber eine veränderliche sphärische Linse bilden diese nicht.

Es giebt bis jetzt wirklich keinen anderen Weg, veränderliche sphärische Gläser zu erhalten, als der Wechsel des Abstandes des sphärischen Glases, wie dies beim Holländischen Fernrohr geschieht.

Der gewöhnliche Holländische Kucker hat den Zweck, neben der Correction des Refractionszustandes, einen möglichst grossen Gesichtswinkel zu erreichen. Wenn wir aber dies Princip zur Bestimmung der Ametropie verwerthen wollen, so wünschen wir die Vergrösserung möglichst auszuschliessen. Während also im Opernkucker die Gläser so viel als möglich auseinander gestellt sind, muss ihr gegenseitiger Abstand, für unsern Zweck, möglichst klein sein.

Das Refractometer von v. Graefe, ein sehr langes Holländisches Fernrohr, war ein Versuch, dies Princip zur Bestimmung der Ametropie zu verwerthen, aber seine Form entspricht durchaus nicht den von uns aufgestellten Forderungen.

Durch die Länge des Fernrohrs wird das Gesichtsfeld klein, der Abstand darum unrichtig beurtheilt, und die Entspannung der Accommodation möglicher Weise verhindert.

Das Princip des Holländischen Fernrohrs ist aber doch zur Refractionsbestimmung vortrefflich geeignet, wenn man nämlich dabei von dem Gesichtspunkte ausgeht, eine möglichst geringe Vergrösserung und ein möglichst grosses Gesichtsfeld zu bekommen, und ausserdem beiden Augen gleichzeitig das Sehen zu ermöglichen.

Zu diesem Zwecke habe ich ein Instrument construirt, das besteht aus der Combination von zwei Brillen, deren eine negative Gläser von 1 Zoll Brennweite, die andere positive Gläser von 2 Zoll Brennweite enthält Der Knotenpunktsabstand beider Brillen kann mittelst einer Zahnrad-Einrichtung verändert werden.

Beträgt der Abstand 1 Zoll, dann ist die combinirte Wirkung der Brillen $= 0 = \frac{1}{\infty}$.

Beträge der Abstand 0, dann wäre die Wirkung $= -\frac{1}{2}$. Vergrössert man aber den Abstand bis auf 2 Zoll, dann wird die Wirkung $= +\frac{1}{6}$.

Durch das Zahnrad wird zugleich ein Zeiger in Bewegung gesetzt, der auf einem Zifferblatte die Wirkung bei den verschiedenen Abständen ergiebt. Die genaue Ausführung des Instrumentes ist allerdings nicht ohne technische Schwierigkeiten. Diese sind aber durchaus nicht unüberwindlich, und ich hoffe, in nicht sehr ferner Zeit Näheres darüber berichten zu können.

Eine derartige veränderliche Linse liefert für die Praxis unberechnenbare Vortheile, denn die successive Prüfung mit einer Masse verschiedener Brillengläser ist einerseits sehr zeitraubend und kann andererseits leicht zu Verwechslungen Veranlassung geben. Man hat darum eine Anzahl von Optometern und Refracto-

metern construirt, die aber zum grössten Theil den an sie gestellten Forderungen nicht Genüge leisten: nämlich, bei der Bestimmung der Refraction, einerseits der relativen Accommodation Rechnung zu tragen, andrerseits durch die gleichzeitige Sehprüfung die Angaben controliren zu können.